

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E04B 7/00 (2006.01)  
E04G 21/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710069506.8

[43] 公开日 2008年12月24日

[11] 公开号 CN 101328746A

[22] 申请日 2007.6.18

[21] 申请号 200710069506.8

[71] 申请人 浙江展诚建设集团股份有限公司

地址 310005 浙江省杭州市莫干山路100号  
耀江国际大厦22/A

[72] 发明人 吴建挺 詹继发 赵信苗 毛晓伟

[74] 专利代理机构 浙江翔隆专利事务所  
代理人 胡龙祥

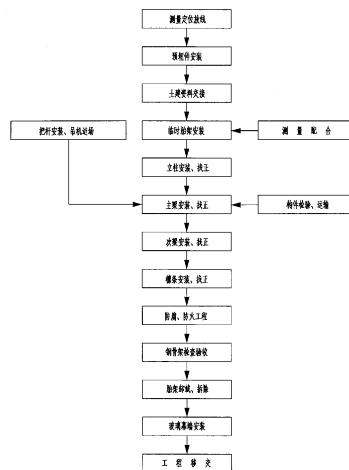
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

## [54] 发明名称

钢结构高空安装方法

## [57] 摘要

钢结构高空安装方法，属于固定建筑物的施工方法，现有安装方法存在难以准确定位以及难以保证安装精度的缺陷，本发明包括以下操作：精确建模，准确放样切割；准确放线，精确定位；按照放线位置安装预埋件、临时胎架、立柱；在临时胎架上定位并固定节点；依次吊装主梁、次梁和檩条；卸载和拆除临时胎架。本方法易于保证各构件制作精度以及预埋件、临时胎架和节点的安装精度；不需要在现场进行放样切割，各个构件的现场吊装和连接(焊接)方便。



1、钢结构高空安装方法，其特征是包括以下操作：

- (1)、精确建模，准确放样切割，保证各构件制作精度；
- (2)、准确放线，精确定位，保证预埋件、临时胎架和节点的安装精度；
- (3)、按照放线位置安装预埋件、临时胎架、立柱；
- (4)、在临时胎架上定位并固定节点；
- (5)、依次吊装主梁、次梁和檩条；
- (6)、卸载和拆除临时胎架。

2、根据权利要求1所述的钢结构高空安装方法，其特征是所述的精确建模，准确放样切割是：

应用 AutoCAD 精确建立主骨架和檩条的空间模型，将构件的空间角度和尺寸准确反映到构件的每个面上，正确绘出构件各个面的制作尺寸及切割角度，形成可操作的平面角度和平面尺寸；

然后根据构件的设计数据，对构件进行 1:1 精确放样和切割，以此保证构件的制作精度；

制作完成后，在构件端做好安装标记，并及时检查加工精度，确认无误后编号发运。

3、根据权利要求1所述的钢结构高空安装方法，其特征是所述的准确放线，精确定位为：

根据土建移交的测量基准点，用全站仪精确准确放出建筑物的标准轴线，作为预埋件和临时胎架的定位依据。

4、根据权利要求3所述的钢结构高空安装方法，其特征是根据轴线正确安装预埋件，并在土建施工过程中监控，施工后检查和校正。

5、根据权利要求1或3所述的钢结构高空安装方法，其特征是根据构件各节点的空间位置，准确安装临时胎架，并对异型节点先精确定位。

6、根据权利要求5所述的钢结构高空安装方法，其特征是根据结构特点，在架空或悬挑节点处设置临时胎架，临时胎架与地面或楼面锚固，并拉设风缆绳稳固，保证构件能正常就位。

7、根据权利要求1所述的钢结构高空安装方法，其特征是在临时胎架上

定位并固定节点时按照以下步骤操作：

(1) 按照定位轴线放样节点中心点位 (A) 的平面投影点；

(2) 在节点中心点位 (A) 的平面投影点竖立起胎架，并在胎架上设置定位板；

(3) 放样节点中心点位 (A) 在定位板的投影点 (B)，并得到节点中心点位 (A) 与定位板的投影点 (B) 之间的高度差 (H)；

(4) 根据节点中心点位 (A) 与定位板的投影点 (B) 之间的高度差 (H) 确定节点定位装置 (5)，并按照节点中心点位 (A) 将节点定位装置 (5) 设置在定位板上；

(5) 将节点 (2) 吊到临时胎架 (1) 上方，并在节点定位装置 (5) 上就位；

(6) 再测量其它点位，进行复核调整，稳定后固定。

8、根据权利要求 7 所述的钢结构高空安装方法，其特征是卸载和拆除临时胎架时按照下述要求进行：

由高向低对称卸载，按照下挠度递减的顺序，采用架设千斤顶卸载，包括以下操作：

(1) 千斤顶 (13) 将节点 (2) 顶升；

(2) 抽出节点定位装置 (5)；

(3) 千斤顶 (13) 下降，节点 (2) 与临时胎架 (1) 脱离，拆除临时胎架 (1)；

(4) 卸载下一节点。

9、根据权利要求 1 所述的钢结构高空安装方法，其特征是节点定位装置 (5) 包括搁置在定位板 (4) 上支撑组件和架设在支撑组件上的定位块 (9)；卸载和拆除临时胎架时，用千斤顶 (13) 将定位块 (9) 顶起，撤离支撑组件，之后卸荷千斤顶，拆除定位块和临时胎架。

10、根据权利要求 1 所述的钢结构高空安装方法，其特征是对钢结构的施工顺序为：由低向高、对称安装。

## 钢结构高空安装方法

### 技术领域

本发明属于固定建筑物的施工方法，尤其是固定建筑物的采光顶的钢结构高空安装方法。

### 背景技术

一般的采光顶结构是在建筑物的顶部（如架立在混凝土楼板上）架设骨架，再在骨架上安装檩条和玻璃幕墙而成。目前对采光顶结构的施工过程多是将各个构件（尤其是构成骨架的构件）在安装现场进行放样、切割和焊接，施工难度大、难以保证安装精度，尤其是大型建筑物的采光顶，由于其构件体积大，在空中就更难以精确定位，因此更难以保证其施工的精度要求，甚至一些安装部位难以通过验收而不得不重复施工。作为一种特殊的结构形式，金字塔形采光顶的钢骨架为一个个金字塔形，或架空或悬挑，造型独特，施工难度大；结构的汇集节点至少为三根、最多为八根构件，多根空间构件汇接造成节点异型，空间定位难度很大；钢骨架施工时，下部混凝土主框架已形成，施工环境受到很大限制，构件的垂直和水平运输困难，尤其是工程量比较大的钢骨架的构件；由于结构独特，节点复杂，需采用焊接连接，要求构件连接紧密，要保证施工精度，构件的制作精度要求高。

### 发明内容

本发明要解决的技术问题和提出的技术任务是克服现有安装方法存在的难以准确定位以及难以保证安装精度的缺陷，提供一种钢结构高空安装方法，为此，本发明采用以下技术方案：

- 1、钢结构高空安装方法，其特征是包括以下操作：
  - (1)、精确建模，准确放样切割，保证各构件制作精度；
  - (2)、准确放线，精确定位，保证预埋件、临时胎架和节点的安装精度；
  - (3)、按照放线位置安装预埋件、临时胎架、立柱；
  - (4)、在临时胎架上定位并固定节点；

(5)、依次吊装主梁、次梁和檩条；

(6)、卸载和拆除临时胎架。

作为对上述技术方案的进一步完善个补充，本发明还包括以下附加技术特征：

所述的钢结构高空安装方法，其特征是所述的精确建模，准确放样切割是：

应用 AutoCAD 精确建立主骨架和檩条的空间模型，将构件的空间角度和尺寸准确反映到构件的每个面上，正确绘出构件各个面的制作尺寸及切割角度，形成可操作的平面角度和平面尺寸；

然后根据构件的设计数据，对构件进行 1:1 精确放样和切割，以此保证构件的制作精度；

制作完成后，在构件端做好安装标记，并及时检查加工精度，确认无误后编号发运。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是所述的准确放线，精确定位为：

根据土建移交的测量基准点，用全站仪精确准确放出建筑物的标准轴线，作为预埋件和临时胎架的定位依据。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是根据轴线正确安装预埋件，并在土建施工过程中监控，施工后检查和校正。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是根据构件各节点的空间位置，准确安装临时胎架，并对异型节点先精确定位。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是根据结构特点，在架空或悬挑节点处设置临时胎架，临时胎架与地面或楼面锚固，并拉设风缆绳稳固，保证构件能正常就位。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是在临时胎架上定位并固定节点时按照以下步骤操作：

(1) 按照定位轴线放样节点中心点位的平面投影点；

(2) 在节点中心点位的平面投影点竖立起胎架，并在胎架上设置定位板；

(3) 放样节点中心点位在定位板的投影点，并得到节点中心点位与定位板的投影点之间的高度差；

(4)根据节点中心点位与定位板的投影点之间的高度差确定节点定位装置，并按照节点中心点位将节点定位装置设置在定位板上；

(5)将节点吊到临时胎架上方，并在节点定位装置上就位；

(6)再测量其它点位，进行复核调整，稳定后固定。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是卸载和拆除临时胎架时按照下述要求进行：

由高向低对称卸载，按照下挠度递减的顺序，采用架设千斤顶卸载，包括以下操作：

(1)千斤顶将节点顶升；

(2)抽出节点定位装置；

(3)千斤顶下降，节点与临时胎架脱离，拆除临时胎架；

(4)卸载下一节点。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是节点定位装置包括搁置在定位板上支撑组件和架设在支撑组件上的定位块；卸载和拆除临时胎架时，用千斤顶将定位块顶起，撤离支撑组件，之后卸荷千斤顶，拆除定位块和临时胎架。

所述的钢结构高空安装方法，其特征是对钢结构的施工顺序为：由低向高、对称安装。

本发明的有益技术效果是：

- 1、通过精确建模，准确放样切割，保证各构件制作精度；
- 2、通过准确放线，精确定位，保证预埋件、临时胎架和节点的安装精度；
- 3、不需要在现场进行放样切割，各个构件的现场吊装和连接（焊接）方便。

### 附图说明

图 1 所示是本发明的施工程序图。

图 2a~2e 为在临时胎架上定位并固定节点的过程示意图。

图 3 为采用把杆吊装构件的示意图。

图 4 为主要安装节点处临时支承架的示意图。

图 5a~5f 为卸载过程示意图。

图 6 为钢构件进场的二次运输示意图。

## 具体实施方式

首先对本发明施工方法的总体思想进行介绍。

主骨架钢结构为异型方钢管或方钢管，壁厚多为 6 和 14mm，最厚采用 24mm；方钢或矩形檩条与每个面的底边平行、等距布置。结构连接全采用焊接节点。

一、施工程序：按照图 1 所示的施工程序进行施工。

二、工程难点的对策

1、精确建模，准确放样切割，保证构件制作精度

应用 AutoCAD 精确建立主骨架和檩条的空间模型，将构件的空间角度和尺寸准确反映到构件的每个面上，正确绘出构件各个面的制作尺寸及切割角度，形成可操作的平面角度和平面尺寸。

然后根据构件的设计数据，对构件进行 1:1 精确放样和切割，以此保证构件的制作精度。

制作完成后，在构件端做好安装标记，并及时检查加工精度，确认无误后编号发运，尤其注意对称构件的加工和编号。

2、准确放线，精确定位，保证预埋件、临时胎架和节点的安装精度

测量放线和预埋件、临时胎架、异型节点的定位精度是构件能否正常安装的关键。

(1) 根据土建移交的测量基准点，用全站仪精确准确放出建筑物的标准轴线，作为埋件和临时胎架的定位依据；

(2) 根据轴线正确安装预埋件，并在土建施工过程中监控，施工后检查和校正；

(3) 根据构件各节点的空间位置，准确安装临时胎架，并对异型节点先精确定位。

3、设置临时胎架，保证构件正常安装

根据结构特点，在架空或悬挑节点处设置临时胎架，胎架与地面或楼面锚固，并拉设风缆绳稳固，保证构件能正常就位。

4、根据施工环境，采用相应的施工方案

(1) 若采光顶布置在建筑物中央，构件吊装作业半径最大达到 50m，如

果选用吊机则至少需要 200 吨以上的履带吊才能吊装到位，因此，拟采用把杆安装；

(2) 若采光顶布置在建筑物边缘，构件吊装作业半径小，可以采用 25 吨汽车吊直接吊装；

(3) 若采光顶布置在建筑物边缘，但部分构件的吊装距离达到 25m~27m，因此采用把杆和吊机配合的施工方案，对吊装作业半径较大的构件采用把杆安装，作业半径较小的构件用吊机直接安装到位。

#### 5、采用牵引小车，解决部分构件水平运输难题

采光顶距离建筑物边较远时，部分构件不能卸车和倒运到把杆的吊装位置，拟采用牵引小车，将构件水平倒运到把杆的作业位置。具体为：在-0.050m 框架梁上铺设钢板，钢板上铺设滚杠，滚杠上放置构件运输小车。构件放置在钢制小车上，用卷扬牵引小车 10，将构件牵引到把杆的吊装半径之内（参见图 6）。

#### 6、由低向高，对称安装，保证安装构件的空间稳定性

对一个采光顶的钢结构施工顺序为：由低向高、对称安装。施工过程中，要保证每根安装的构件具有空间稳定性。

### 三、施工思路

#### 1、施工组织——分区施工，多点开花

不同的采光顶分成独立的区域组织施工，以便一个采光顶的构件所需要的汽车吊卸车、喂料，这两台吊机在喂料的同时可以分别安装其它采光顶，因此，工程可以多点开花。

在一些采光顶安装完成后，将吊装该采光顶的把杆可以转移到其它采光顶，采用把杆和吊机配合的施工方案，安装其它区域钢骨架。

#### 2、施工方案——因地制宜，方案不同

根据各采光顶钢骨架的施工环境采用不同的施工方法，一个采光顶（如 A）采用三台把杆吊装，其它两个采光顶（如 B、D）分别用 25 吨汽车吊安装，另一个采光顶（如 C）则采用把杆和吊机配合安装的方案。

#### 3、安装顺序——由低向高，对称安装

对于每区的钢骨架安装顺序为：由低向高、对称安装。先安装作业半径



远处的构件，后安装作业半径近的构件。

#### 4、安装程序——先主后次，结构稳定

每区的构件按照：“先主梁，再次梁，后安装檩条”的安装程序，就位的构件及时找正、固定，保证已安装构件的结构稳定性。

#### 5、施工重点——精确放线，准确定位

测量放线的精确度和埋件、节点的准确定位是工程施工的关键。

#### 6、质量控制——制作安装，精度保证

工程的质量控制重点是：构件的加工精度和构件的安装精度，是钢骨架正常安装的关键，也是促进玻璃能否正常安装的关键。

#### 7、构件运输——小车牵引，构件到位

对采光顶距离建筑物边较远的情形，部分构件不能卸车和倒运到把杆的吊装位置，采用牵引小车，将构件水平倒运到把杆的作业位置，是解决这样的采光顶骨架安装的特殊办法。

#### 8、总体目标——质量进度，安全进行

工程的总体目标是：工程能够在安全生产的情况下，保证工程质量和施工进度要求。临时胎架、操作平台、风缆绳及把杆的安全使用，必要情况下平台梁的加固等，都是工程所必须的安全保证措施。

### 四、以下通过一个金字塔形的采光顶的安装对本发明的做详细的说明。

1、按照前述方式精确建模，准确放样切割，保证各构件制作精度。

2、按照前述方式在施工现场准确放线，精确定位，保证预埋件、临时胎架和节点的安装精度。

3、按照放线位置安装预埋件、临时胎架、立柱：按照定位轴线放样节点中心点位 A 的平面投影点 B，在节点中心点位 A 的平面投影点 B 竖立起临时胎架 1，并在临时胎架 1 上设置定位板 4；按照常规方式安装预埋件和立柱。其间交接土建资料。

4、在临时胎架 1 上定位并固定节点，按照以下步骤操作（参见图 2a~2e）：

（1）放样节点中心点位 A 在定位板的投影点 B，并得到节点中心点位 A 与定位板的投影点 B 之间的高度差 H；

(2)根据节点中心点位 A 与定位板的投影点 B 之间的高度差 H 确定节点定位装置 (主要是使其规格与对应的节点匹配), 并按照节点中心点位 A 将节点定位装置设置在定位板 4 上; 所述的节点定位装置 5 包括搁置在定位板上支撑组件和架设在支撑组件上的定位块 9, 支撑组件包括两个工字钢 6, 在两个工字钢 6 上各垫有两块垫板, 上侧垫板 7 薄于下侧垫板 8, 在两块垫板的上侧架设定位块 9;

(3) 将节点 2 吊到临时胎架 1 上方, 并在节点定位装置 5 上就位;

(4) 再测量其它点位, 进行复核调整, 稳定后固定 (通过焊接将各个节点与对应的定位块焊接, 见图中焊接位置 12)。

5、依次吊装主梁、次梁和檩条: 主梁、次梁与预埋件、节点、立柱连接, 檩条连接在主梁、次梁上。之后完成防腐、防火工程和钢骨架检查验收。

6、卸载和拆除临时胎架; 按照下述要求进行 (参见图 5a~5f):

由高向低对称卸载, 按照下挠度递减的顺序, 采用架设千斤顶卸载, 包括以下操作:

(1) 千斤顶 13 将节点 2 顶升;

(2) 抽出节点定位装置 5;

(3) 千斤顶 13 下降, 节点 2 与临时胎架 1 脱离, 拆除临时胎架;

(4) 卸载下一节点。

更为具体的, 是用千斤顶 13 将定位块 9 顶起, 依次撤离支撑组件的上垫板 7、下垫板 8 和工字钢 6, 之后卸荷千斤顶 13, 拆除定位块 9 和临时胎架 1。

7、安装玻璃幕墙。最后进行工程交接。

五、以下对上述步骤中的一些关键问题予以说明:

1、施工方案:

采光顶的构件最大重量 6.453 吨, 最小杆件只有几百公斤, 选用管状独立把杆进行吊装, 把杆设置在  $\pm 0.00$  平台的楼面上, 根据构件安装位置移动把杆。

(1) 重量 4~10 吨的杆件可选用  $\phi 426*16$  的把杆, 滑车选用 H10\*3D 三轮吊环型起重滑车, 3 吨慢速卷扬机及相配套的钢丝绳及导向轮、卸扣等。

(2) 重量 2~4 吨的杆件可选用  $\phi 273*12$  的把杆, 滑车选用 H5\*3D 三轮

吊环型起重滑车，2吨慢速卷扬机及相配套的钢丝绳及导向轮、卸扣等。

(3) 重量1~2吨的杆件可选用 $\phi 219 \times 10$ 的把杆，滑车选用H2\*2D的双轮吊环型滑车，1吨慢速卷扬机及相配套的钢丝绳及导向轮、卸扣等。

## 2、把杆的设立

采光顶钢结构吊装采用把杆11吊装，把杆布置见附图3：

### (1) 把杆的设立

把杆底部（铰接处）设在 $\pm 0.00$ 平台的楼面上，因此，要对楼面进行加固，又因为把杆底部支点要随吊装点的改变而移动，所以，在楼面板上设置II型钢，跨越楼面下的横梁上，II型钢梁的截面高度600mm，组合成框架型，上铺钢板，把杆底部在钢板上面能进行滑动，而又保证楼面不受损坏，这是把杆吊装法的先决要素。

### (2) 顶部揽风绳的设置

把杆顶部的揽风绳3（见附图3）可根据现场的地形、地物作为锚固点，采用滑轮组和卷扬机组合进行变幅。但不得少于4点，以十字形为最佳位置。把杆的倾移角度与楼面的夹角 $\geq 60^\circ$ （根据构件的重量选择角度，确保把杆的承受能力）。

## 3、吊装顺序

构件在临时胎架安装完成后吊装，安装原则：先外后内、先下后上，对称安装。

## 4、构件的试吊

把杆就位后，在构件正式吊装前要进行试吊，将构件起吊离开地面300mm，然后检查把杆系统是否正常，在确认无异常现象后开始吊装。

## 5、构件进场及二次运输

(1) 构件进场用25吨汽车吊卸车，构件堆放位置要根据现场条件合理安排，以25吨汽车吊能站立的位置距离安装点最近为宜。

(2) 因为大部分构件不能用25吨汽车吊一次性送到吊装位置，所以现场必须进行人工和大平板车及木排加滚杆的方法进行牵引运输（参见图6）。

## 6、主要安装节点的支承架

主要安装节点处设置临时支承架，截面为 $1000 \times 1000$ ，单肢采用L90 $\times$ 8

的角钢、缀条采用 L63×8 的角钢，缀条间距为 1m。采光顶 A 结构安装胎架数量 13 个，高度根据实际标高确定。临时支承架上设置直爬梯（14），以便操作人员上下（参见图 4）。

### 7、施工验算

以吊装力矩最大的为例对把杆、临时胎架和楼面进行验算。

### 8、现场焊接方案

工程所用材质为 Q235B，板厚最大为 24mm，现场采用手工焊，所有节点焊缝、支座焊缝、梁柱对接焊缝，主梁与节点间的连接焊缝焊缝均为二级，其余焊缝为三级。焊接遵循的标准：《建筑钢结构焊接规程》（JGJ81-91）、《钢结构工程施工及验收规范》（GB50205-2001）。

### 9、卸载方案

在骨架钢结构安装完成后，玻璃安装前对临时胎架卸载，即：钢骨架脱离临时胎架，靠骨架的自身刚度支承本身重量。

#### 9.1 卸载的条件

（1）主梁、次梁安装完成，与预埋件、锚固件固定，钢结构连接节点焊接完成；

（2）檩条安装完成，与主、次梁焊接完成；

（3）构件安装精度和外观验收合格；

（4）卸载用千斤顶架设完毕；

（5）操作人员按照卸载点配备，施工交底完毕，责任分工明确。

#### 9.2 卸载的思路

卸载一般采取分级、对称、循环卸载。工程的结构刚度很好，下挠较小，若在玻璃安装前节点的最大下挠值为 16mm，最小几乎为 0mm。所以，针对各节点的挠度值不同，采用的卸载方法也不相同。

对于下挠度 $\leq 10\text{mm}$ 的节点，一次卸载到位；

对于下挠度 $> 10\text{mm}$ 的节点，分两级循环卸载，每个节点可以一次卸载到位。

#### 9.3 卸载方案

结构卸载由高向低、对称卸载，按照下挠度递减的顺序，采用架设千斤

顶卸载。千斤顶的大小根据卸载处节点的重量选取，考虑卸载过程的应力二次分布，一般选用 32 吨和 50 吨螺旋千斤顶。

## 六、主要安全技术措施

(1) 熟悉图纸，仔细勘察施工现场，对施工人员进行设计和施工安全技术交底；

(2) 配合土建进行预埋件的埋设和检查，对钢结构施工需要的锚固位置或缆风绳 3 拉设点予以保护；

(3) 对把杆、临时胎架下部的混凝土楼面按照方案进行加固；

(4) 临时支承胎架设置位置精确，基础坚实不下挠，风缆绳稳固；

(5) 严格按照施工程序、顺序施工，保证安装构件的空间稳定性；

(6) 临时胎架上设置牢靠的上下爬梯和操作平台；

(7) 水平钢梁上设置临时安全栏杆，端部设置吊篮搭设的简易操作平台，斜梁在吊装时设置临时爬梯，便于构件高空焊接；

(8) 构件端部设置工装件，便于及时就位和临时固定；构件就位后及时找正、固定；

(9) 吊装钢丝绳与构件之间放置橡胶皮，或焊接吊耳，防止钢丝绳滑脱，吊装时构件拉设溜绳；

(10) 吊装要专人指挥，专人监护，不可超负荷作业；

(11) 把杆在使用前对卷扬、滑车、钢丝绳、缆绳等进行仔细检查，试吊后正式吊装；

(12) 现场配置相应的消防器材，动火前办理相关手续，清理易燃物，动火时专人监护；

(13) 施工人员正确佩带安全防护用品，不违章作业；

(14) 配备专职安全员和电工，做好施工用电安全；

(15) 施工区域拉设警戒绳，并专人看护。

## 七、钢结构安装质量指标

### 1、测量放线

序号	测量项目	允许偏差
1	标高	-5~±0

2	定位轴线	2
---	------	---

## 2、预埋件、锚固件

项 目		允许偏差
支承面	标 高	$\pm 3.0$
	水 平 度	L/1000
	位 移	5.0

## 3、构件安装

序号	工程项目	测量项目	允许偏差
1	临时胎架	标 高	$-3 \sim \pm 0$
2		位 移	10
3	节点定位	标 高	$\pm 5$
4		位 移	3
5	主梁	位 移	$\pm 5$
6		挠 度	L/1000, 且小于 20
7	檩条	位 移	$\pm 5$
8		挠 度	L/750, 且小于 10

由于建筑物为非标准结构，构件节点为异形，因此，本工程的安装精度完全靠测量放线、埋件处构件的精度调节和构件节点的定位精度，如果能够控制好这三项指标，安装精度就一定能够保证。

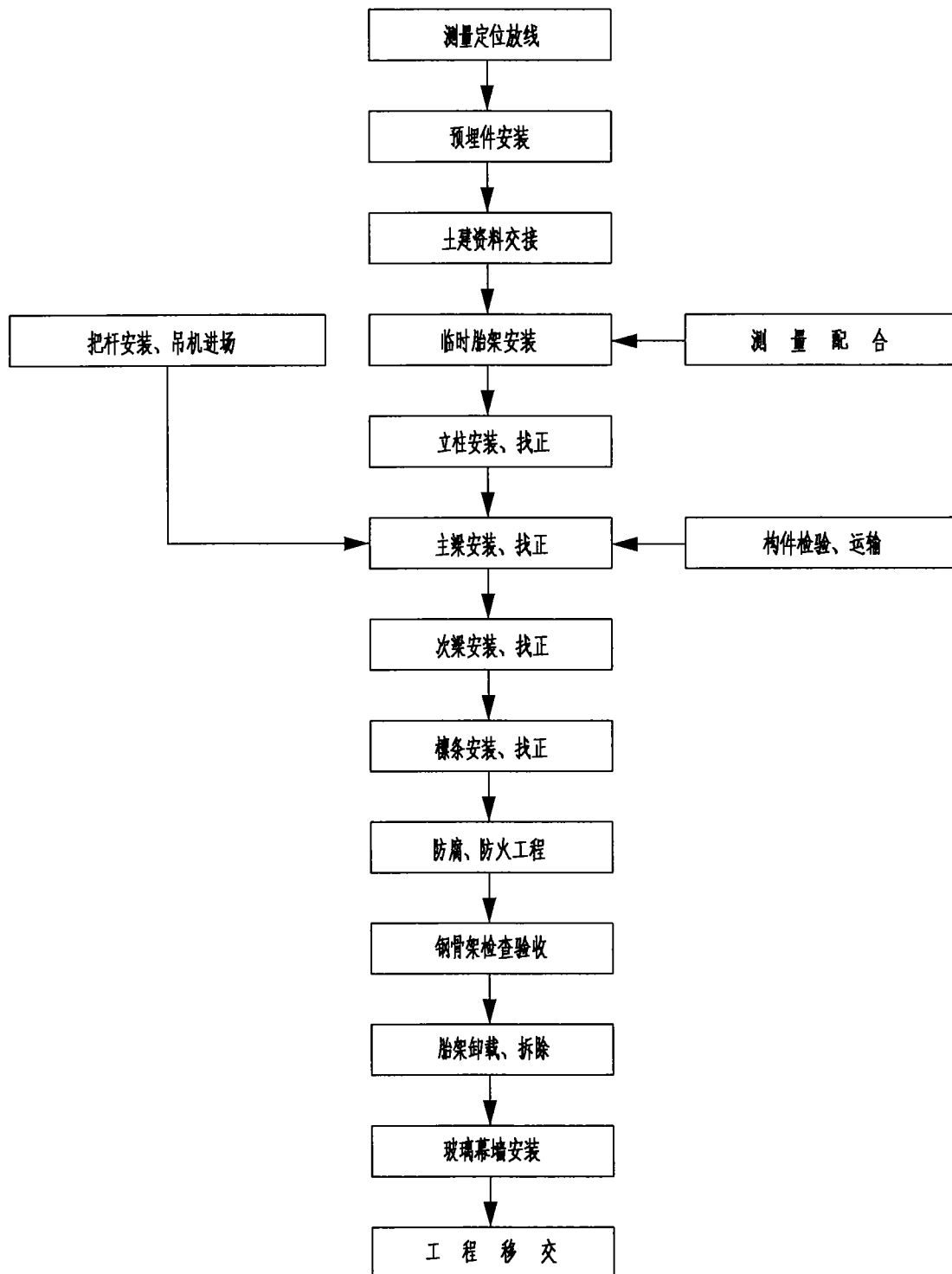


图 1

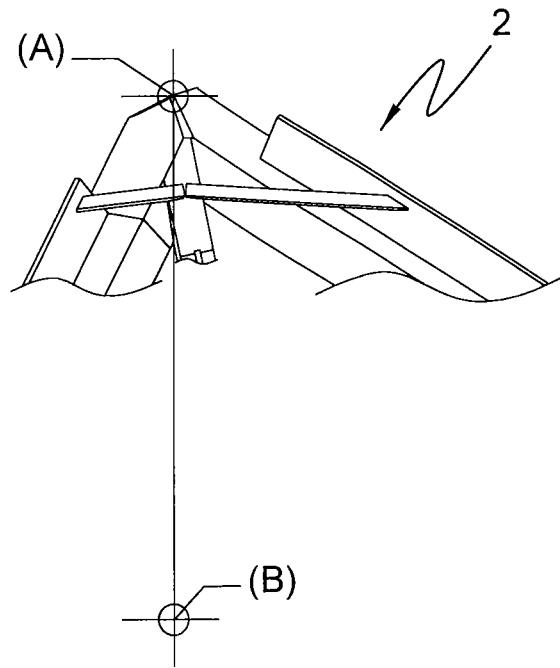


图 2a

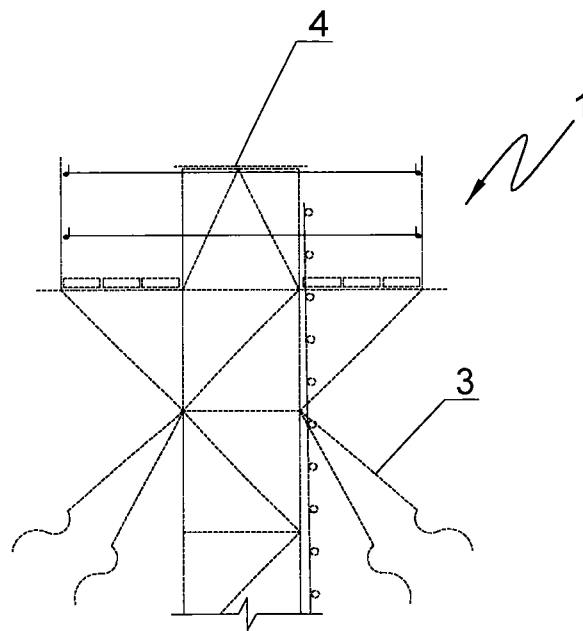


图 2b



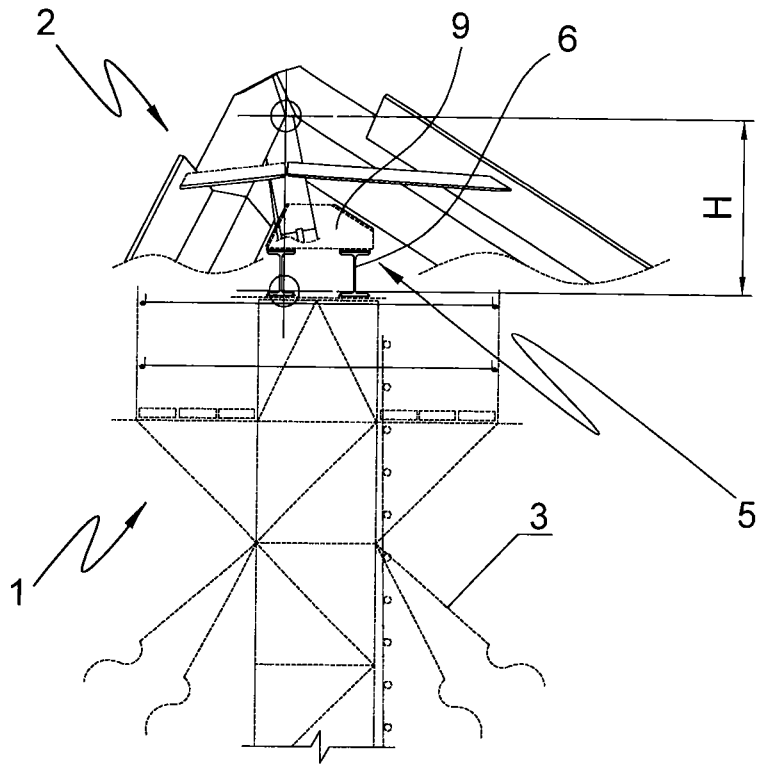


图 2c

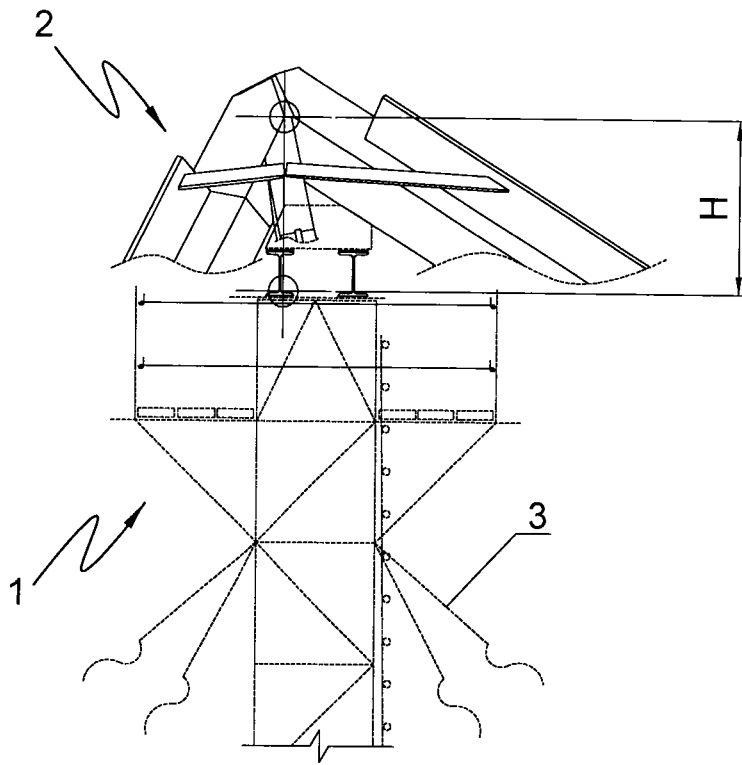


图 2d

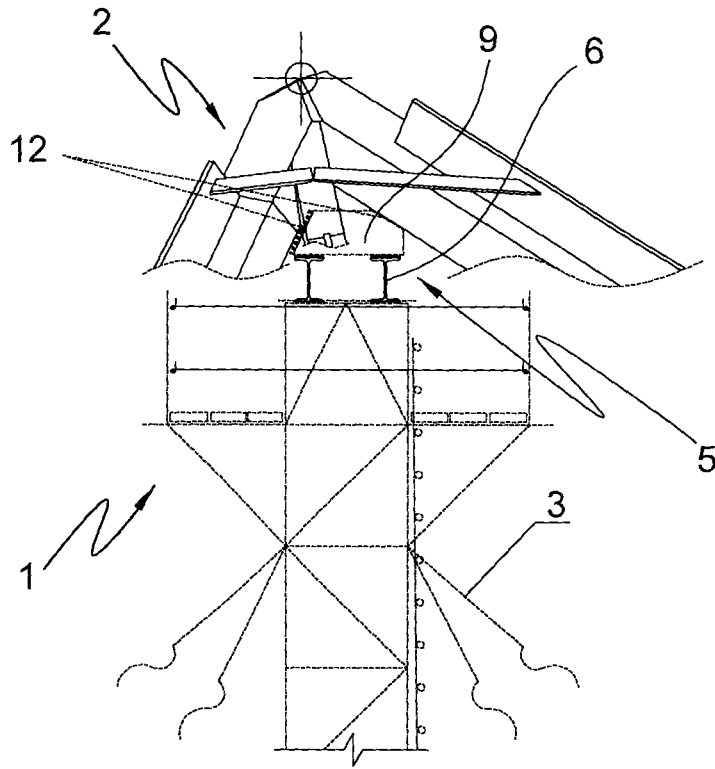


图 2e

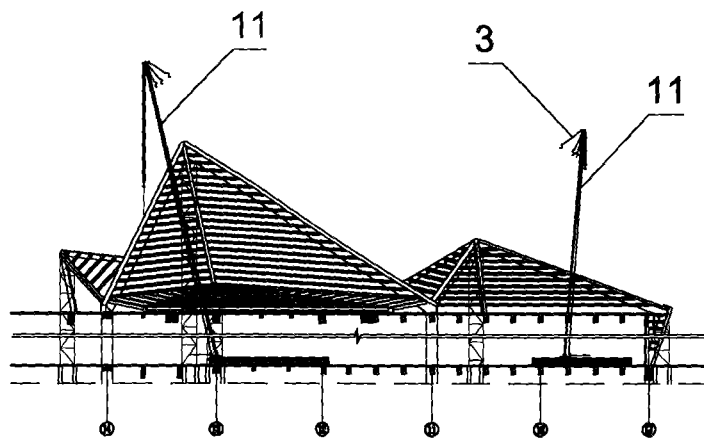


图 3

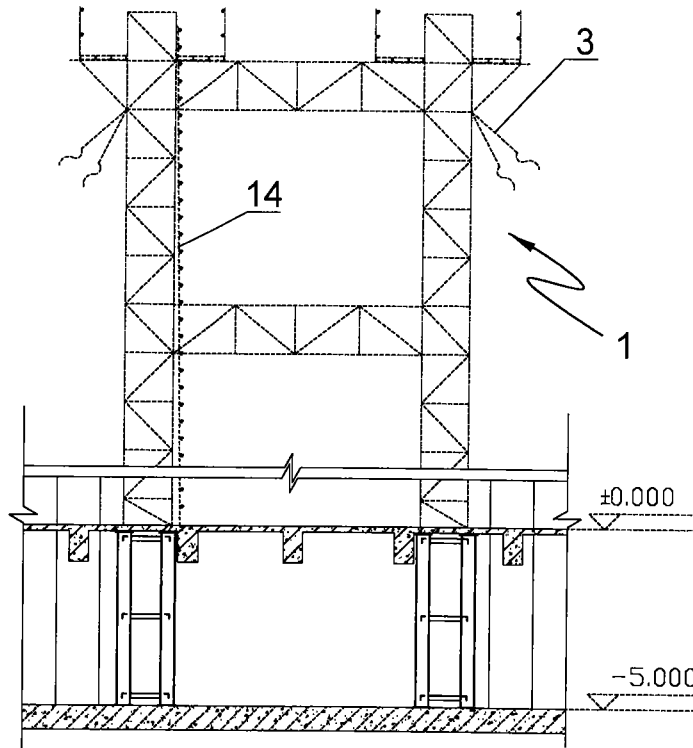


图 4

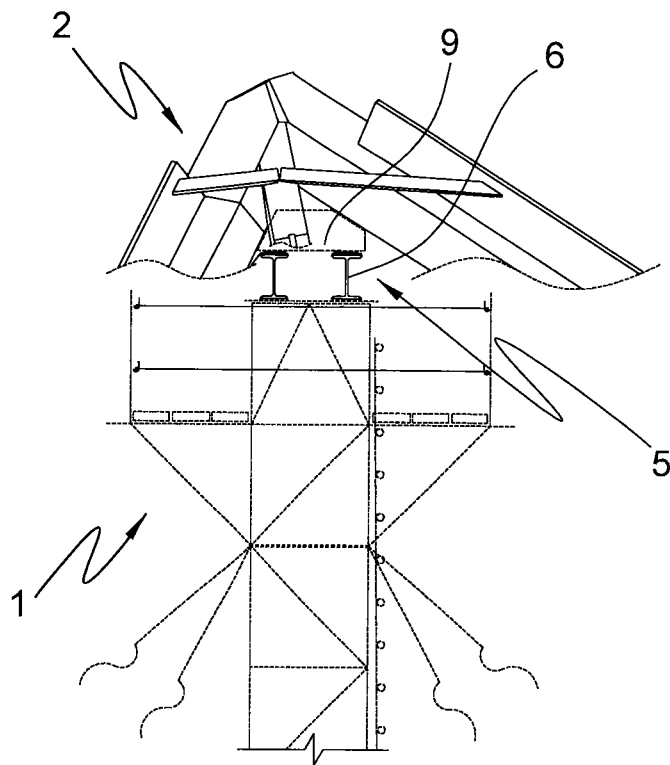


图 5a

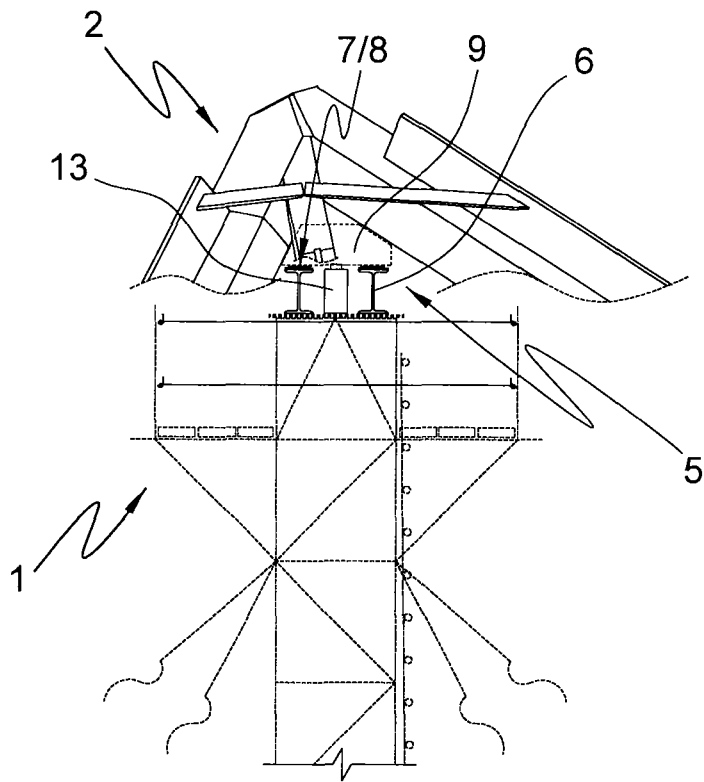


图 5b

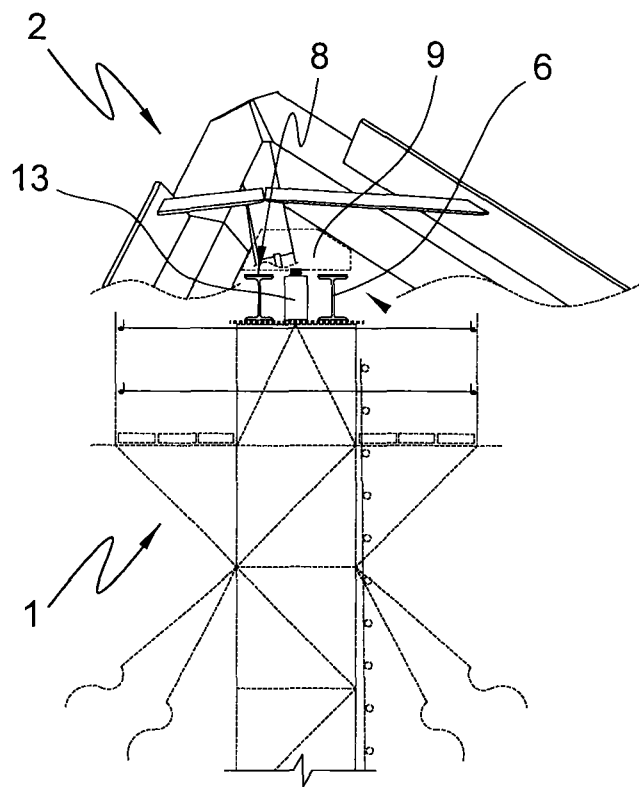


图 5c

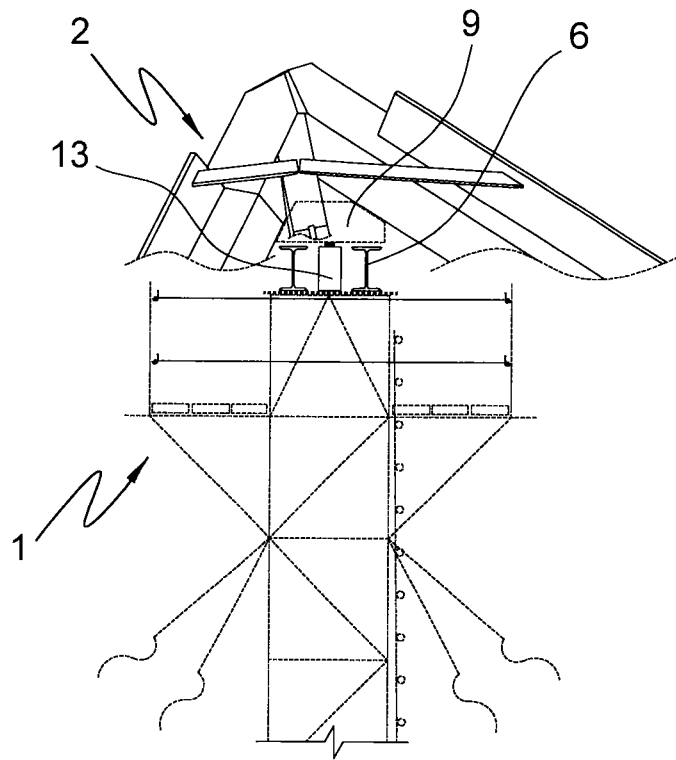


图 5d

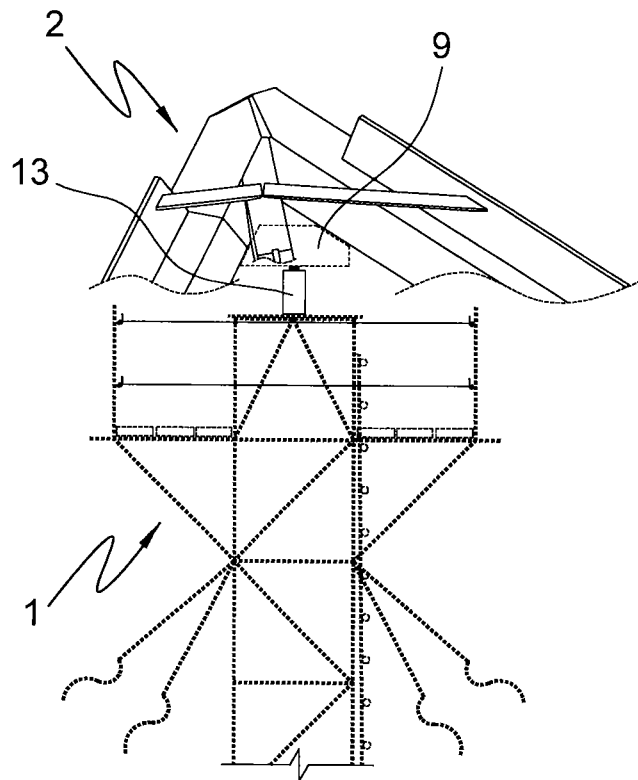


图 5e

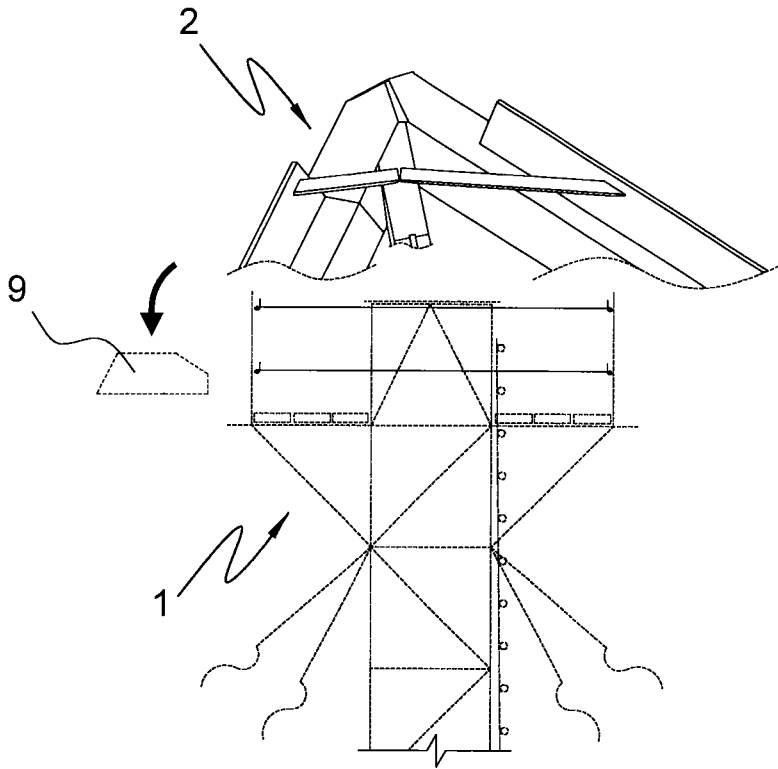


图 5f

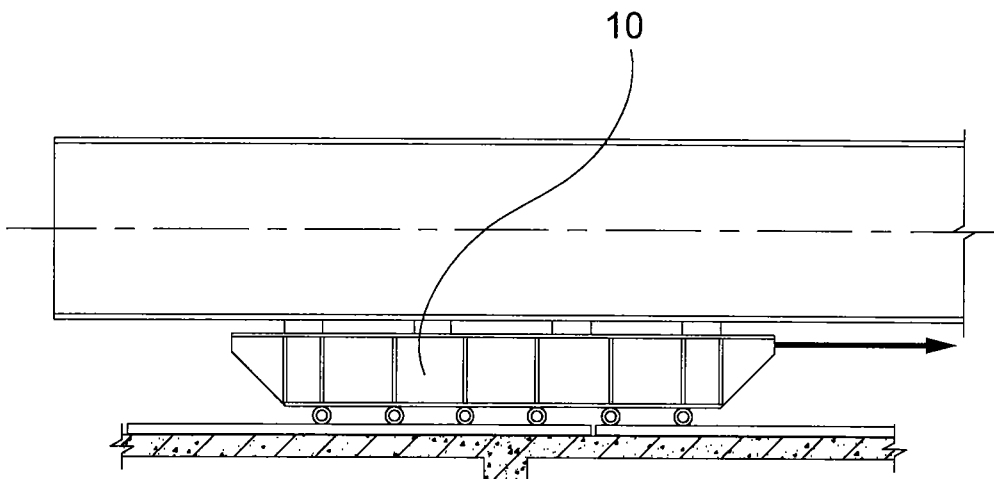


图 6